FÍSICA

Profesor
Abraham
Visalaya

ÓPTICA

REFRACCIÓN DE LA LUZ Y LENTES

REFRACCIÓN DE LA LUZ

ÍNDICE DE REFRACCIÓN (n)

Un medio transparente se caracteriza por el índice de refracción que se define por el cociente entre la velocidad de la luz en el vacío (c), y la velocidad de la luz en el medio(v).

$$n = \frac{c}{V}$$

El índice de refracción es un número sin unidades. Su valor es mayor que 1 para cualquier medio material, debido a que la velocidad de la luz en el vacío(c= $3x10^8 m/s$) es mayor que en cualquier sustancia. para el vacío el índice de refracción es igual a 1. El índice de refracción del aire es aproximadamente 1,0003 y lo podemos considerar n=1.

Una importante propiedad del índice de refracción es que, para un material determinado, varía con la longitud de onda de luz (color de luz) que pasa a través del material, o sea, Un mismo medio puede tener varios índices de refracción diferentes, que varía según el color de luz que pase por el material.

REFRACCIÓN DE LA LUZ

Ejemplo

En un líquido la velocidad de la luz es 214 000 km/s. ¿Cuál es el índice de refracción de este líquido?

$$n = \frac{c}{V}$$

$$n = \frac{300\ 000\ \mathrm{km/s}}{214\ 000\ \mathrm{km/s}}$$

$$n = 1{,}4$$

No olvidar:
C = $3x10^8$ m/s = 300 000 km/s

Ejemplo

Determine la velocidad de la luz en el agua de índice de refracción 4/3

$$V = \frac{c}{n} = \frac{300\ 000}{\frac{4}{3}}$$

$$V = \frac{c}{n} = \frac{300\ 000x3}{4}$$

$$V = 225\ 000\ \mathrm{km/s}$$

REFLEXIÓN Y REFRACCIÓN DE LA LUZ

para el estudio de la reflexión y refracción de la luz usaremos el concepto de rayo luminoso: es una aproximación del comportamiento que corresponde a las ondas electromagnéticas cuando los objetos involucrados son de tamaño mucho mayor que la longitud de onda.

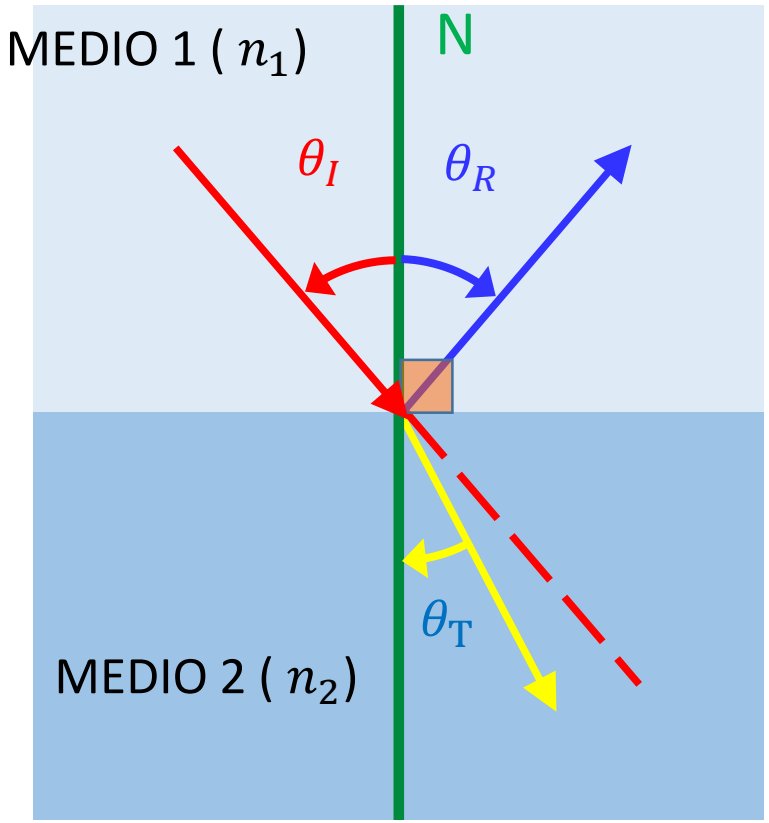
Cuando un haz de luz incide sobre una superficie límite de separación entre dos medios transparentes, tal como una superficie aire-vidrio, parte de la de la luz se refleja y parte se refracta al penetrar al otro medio.

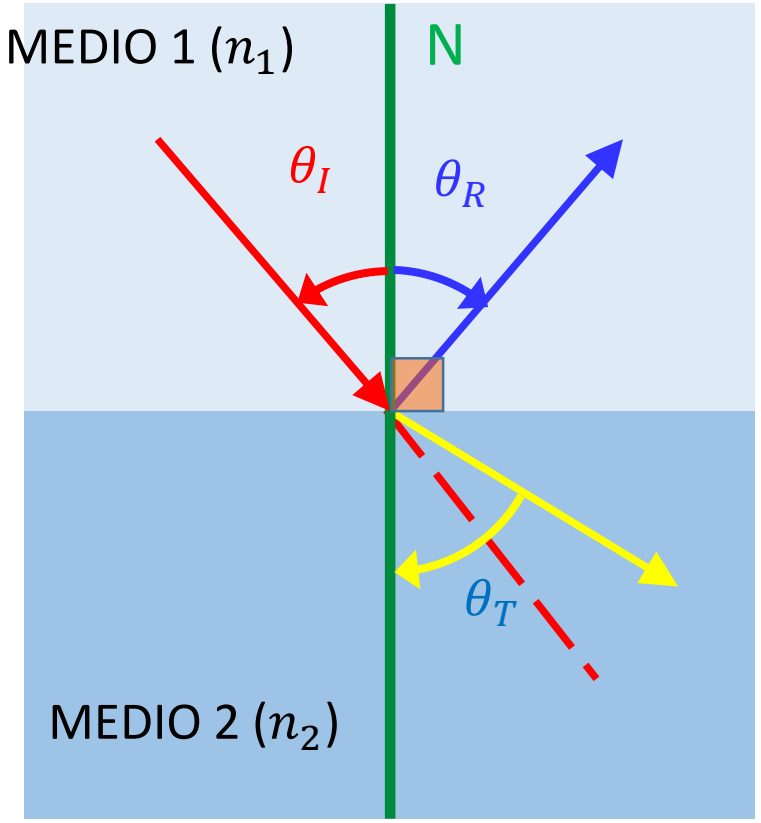
También puede ocurrir que la luz solo se refleja y no pasa al otro medio.

la refracción es un fenómeno que ocurre cuando la luz pasa de un medio a otro. La luz experimenta un cambio de velocidad al pasar a un medio con distinto índice de refracción. esta desviación en la dirección de propagación se explica por medio de la ley de snell . sin embargo, el descubrimiento de un manuscrito revela que el árabe ibn sahl había llegado a las mismas conclusiones que el holandés snell seis siglos antes (entre los años 983 y 985).

REFRACCIÓN DE LA LUZ

LINEA NORMAL A LA SUPERFICIE EN EL PUNTO DONDE INCIDE LA LUZ.





θ_I : ángulo de incidencia que forma el rayo incidente con la normal.

θ_R : ángulo de reflexión que forma el rayo reflejado con la normal.

θ_T : ángulo de refracción que forma el rayo refractado o transmitido con la normal.

N: recta perpendicular a la superficie que separa a los dos medios.

- todos los rayos de luz y la normal pertenecen al mismo plano

REFRACCIÓN DE LA LUZ

experimental, estos ángulos están relacionados de la siguiente manera

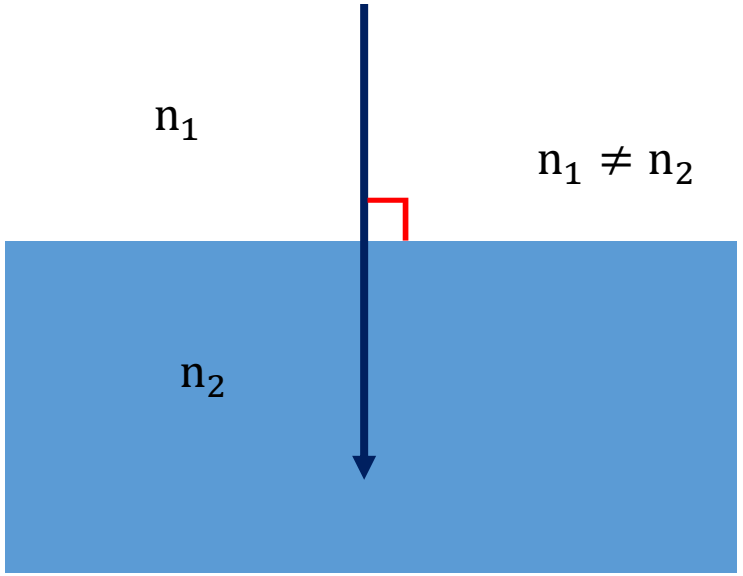
$$\boxed{\theta_I = \theta_R} \qquad \boxed{n_1 \mathrm{Sen}\theta_I = n_2 \mathrm{Sen}\theta_T}$$

como los ángulos ∈ al primer cuadrante, cuadrante donde la función seno es creciente, entonces a mayor ángulo, mayor seno del ángulo.

$$\text{SI } \theta_I > \theta_T \Rightarrow \mathrm{Sen}\theta_I > \mathrm{Sen}\theta_T \Rightarrow n_1 \underbrace{\mathrm{Sen}\theta_I}_{\text{mayor}} = n_2 \underbrace{\mathrm{Sen}\theta_T}_{\text{menor}} \Rightarrow n_1 < n_2$$

Por lo tanto cuando un rayo luminoso se refracta al pasar de un medio a otro con mayor índice de refracción, el ángulo de refracción es menor que el ángulo de incidencia, es decir el rayo refractado se desvía acercándose a la normal. En forma similar se puede concluir que si el rayo luminoso pasa a un medio de menor índice de refracción, el rayo refractado se leja de la normal, acercándose a la superficie que separa a los medios. Esto se puede apreciar en las figuras de la diapositiva anterior.

REFRACCIÓN DE LA LUZ



cuando la luz incide normalmente a la superficie, todos los rayos son paralelos a la normal, por lo que

$$\theta_I = \theta_R = \theta_T = 0$$

En este caso el rayo luminoso no se desvía

Ejemplo: Un rayo luminoso dentro del agua incide con un ángulo de 37°sobre un vidrio. Determine el ángulo de refracción dentro del vidrio. Los índices de refracción del agua y vidrio son respectivamente 4/3 y 1,6

$n_1 = 4/3$

$n_2 = 1{,}6$

$\theta_I = 37°$

$\theta_T = ?$

$$n_1 \mathrm{Sen}\theta_I = n_2 \mathrm{Sen}\theta_T$$

$$n_1 \mathrm{Sen}37° = n_2 \mathrm{Sen}\theta_T$$

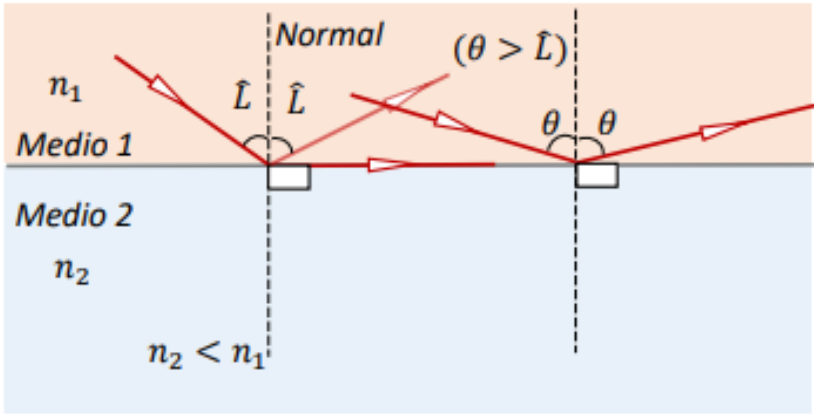
$$\frac{4}{3} \cdot \frac{3}{5} = 1{,}6 \mathrm{Sen}\theta_T$$

$$\mathrm{Sen}\theta_T = \frac{1}{2} \Rightarrow \theta_T = 30°$$

REFRACCIÓN DE LA LUZ

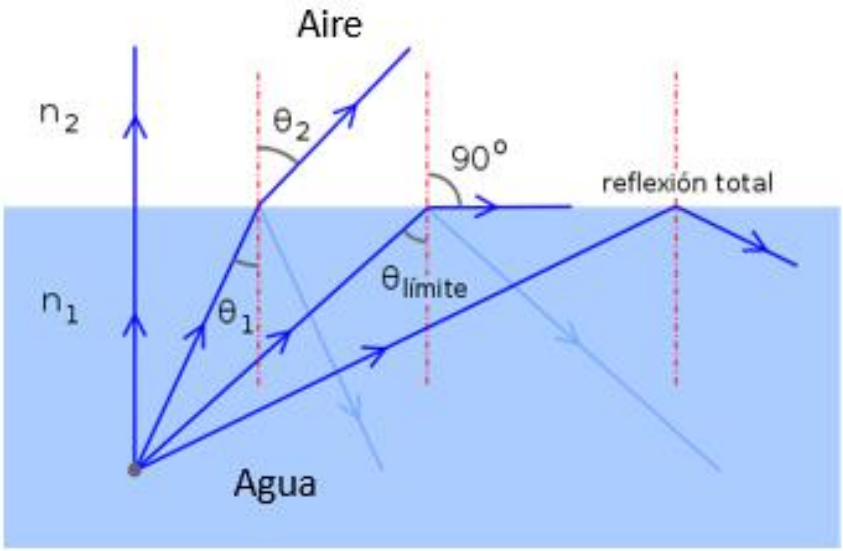
ÁNGULO LÍMITE O CRÍTICO($\hat{L}$)

Es aquel ángulo de incidencia que produce un ángulo de refracción de 90°.esto ocurre cuando la luz viaja de un medio de mayor índice de refracción a un medio de menor índice. El rayo refractado en este caso se movería tangente o paralelo a la superficie que separa a los medios. Para ángulos de incidencia mayores que el ángulo límite el haz de luz solo se refleja y no se refracta Y S



De la ley de Snell: $n_1 sen\hat{L} = n_2 sen90°$

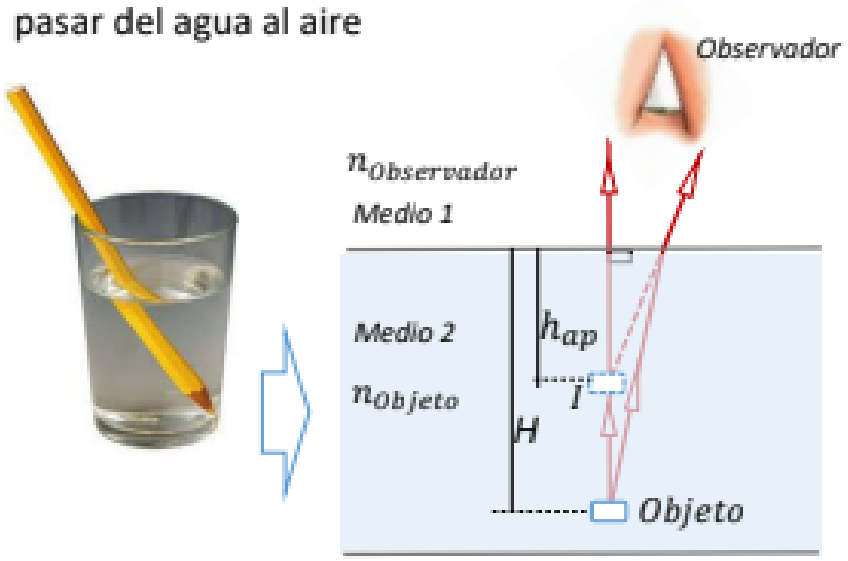
$$sen\hat{L} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \boxed{\hat{L} = arcsen(\frac{n_2}{n_1})}$$



REFRACCIÓN DE LA LUZ

PROFUNDIDAD APARENTE

Si colocamos un lápiz en un vaso de vidrio con agua y observamos atreves del vidrio se observa el lápiz **doblado**. Y si miramos de arriba hacia abajo el fondo del vaso se observa a menor profundidad. Hay una profundidad aparente debido a la refracción que experimenta la luz al pasar del agua al aire



Al considerar ángulos de incidencia ($\hat{\imath}$) y refracción ($\hat{R}$) pequeños, debido a la abertura de la visual del observador y aplicando la ley de Snell, se demuestra:

$$\frac{h_{ap}}{H} = \frac{n_{observador}}{n_{objeto}}$$

Donde:

h_{ap}: profundidad aparente

n_{objeto}: índice de refracción el medio donde se encuentra el objeto

$n_{observador}$: índice de refracción el medio donde se encuentra el observador

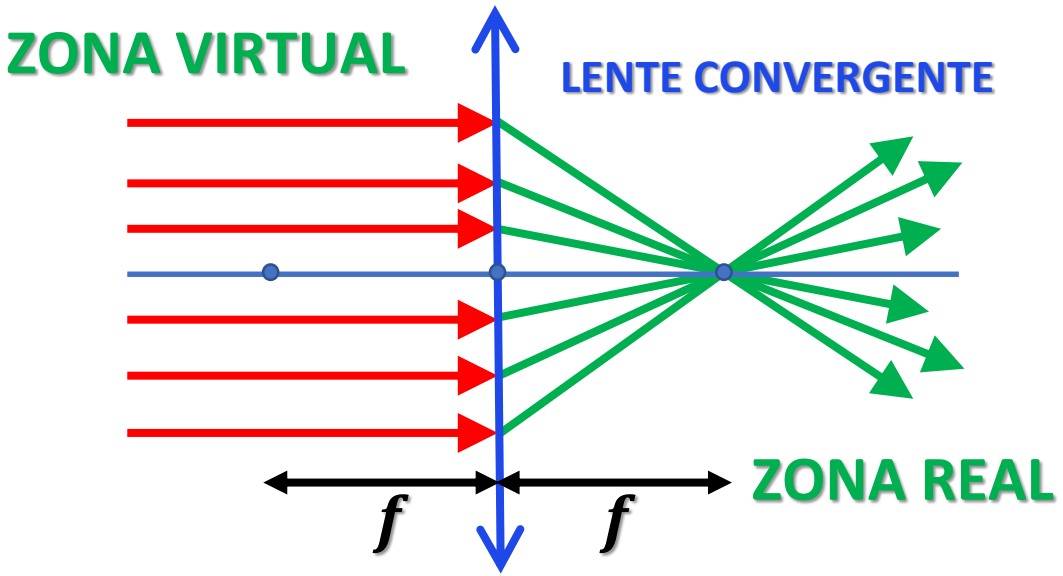
LENTES

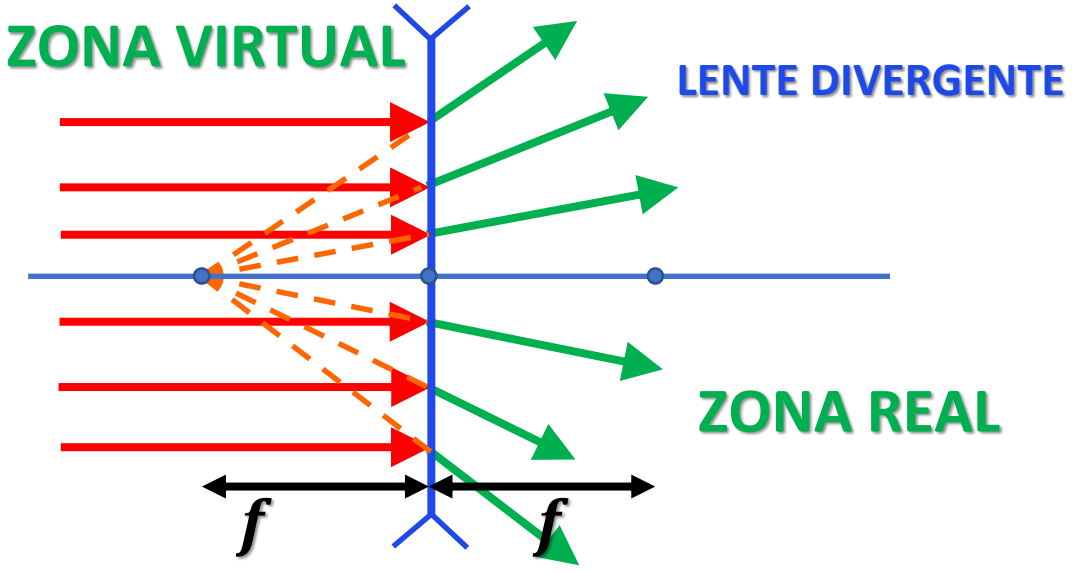
una lente es un dispositivo óptico transmisor que enfoca o dispersa un haz de luz por medio de la refracción. los dispositivos que enfocan o dispersan de manera similar las ondas y la radiación que no sea la luz visible, también se denominan lentes, como lentes de microondas, lentes de electrones, lentes acústicas o lentes explosivas.

una lente está constituida por un medio transparente limitado por dos superficies, siendo curva al menos una de ellas. una lente simple consiste en una sola pieza de material transparente, mientras que una lente compuesta consta de varias lentes simples (elementos), generalmente dispuestas a lo largo de un eje común. las lentes están hechas de materiales tales como vidrio o plástico, y se moldean para conseguir la forma deseada. una lente puede enfocar la luz para formar una imagen, a diferencia de un prisma, que refracta la luz sin enfocar.

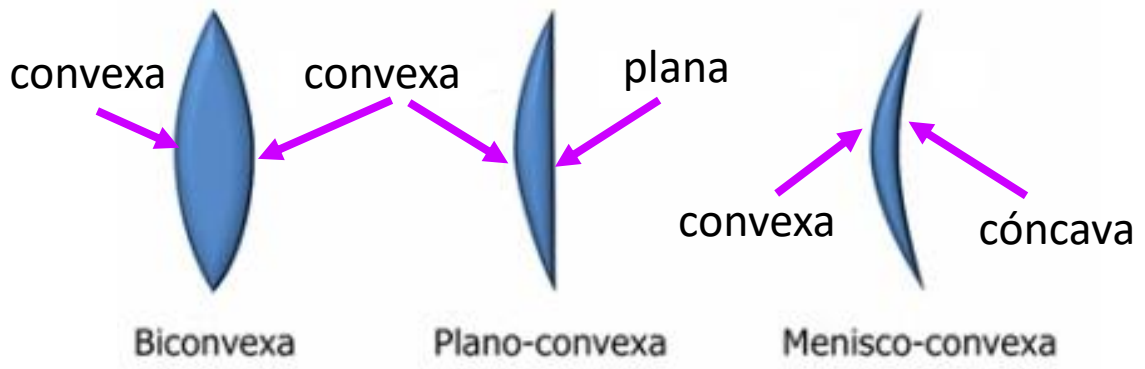
LENTES

para rayos paraxiales paralelos al eje óptico de la lente y considerando el grosor de la lente muy pequeño comparado con los radios de curvatura
(lente delgada)

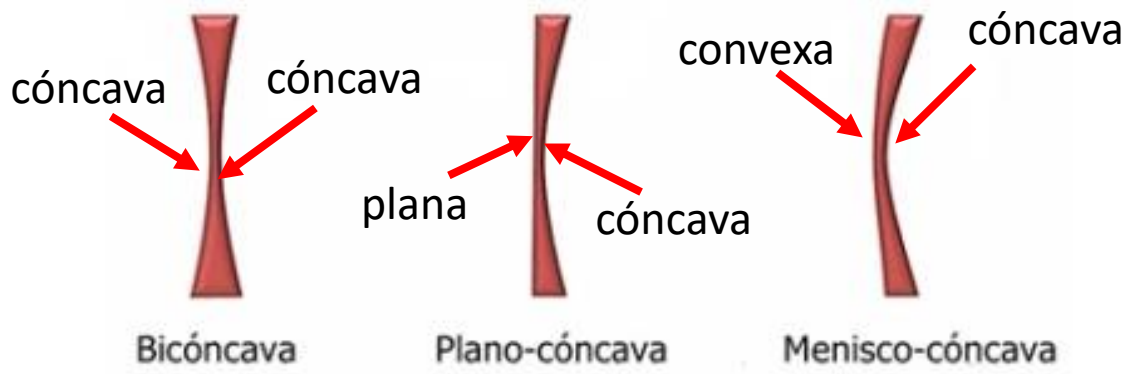




LENTES



SON LENTES CONVERGENTES EN EL AIRE

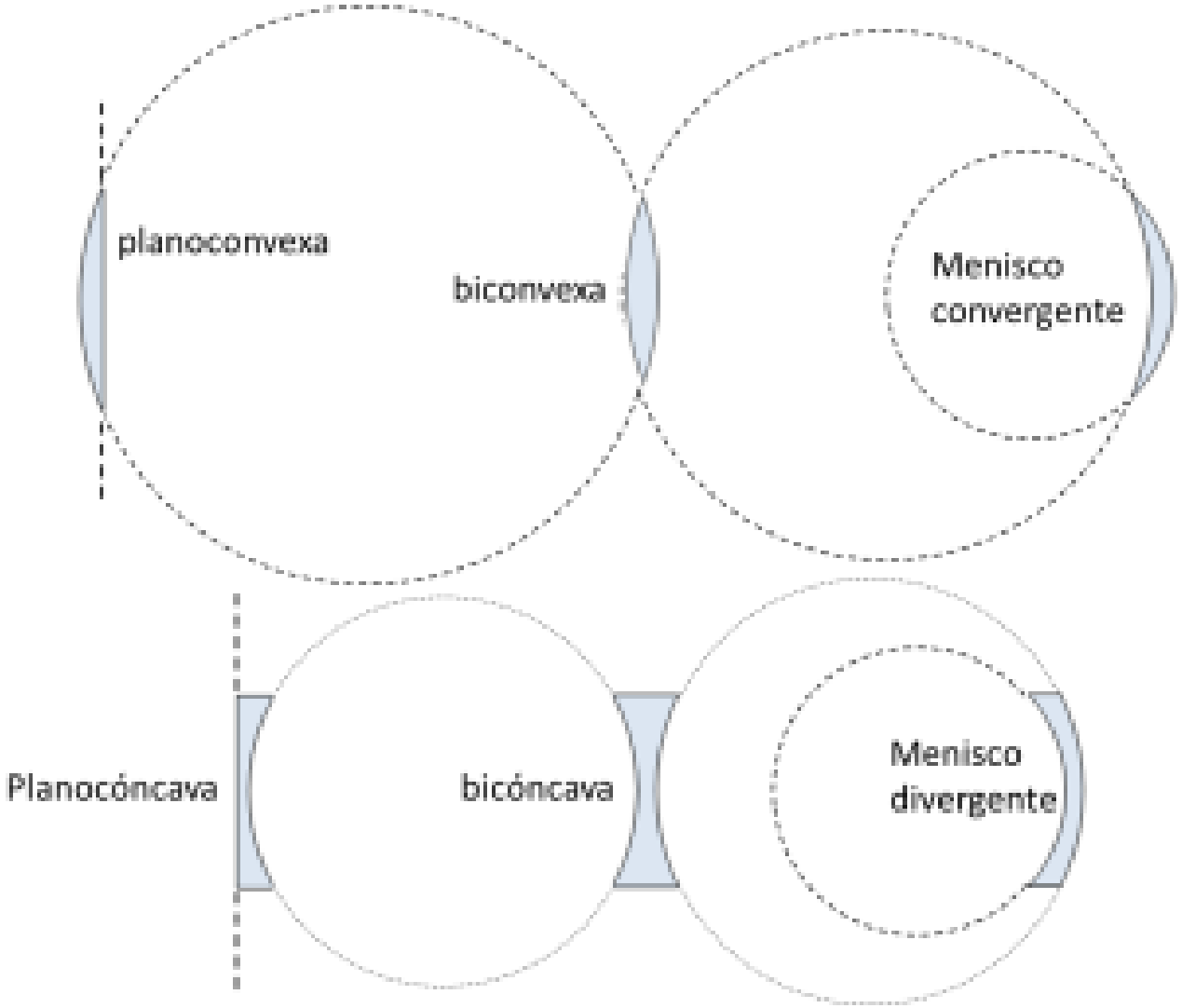


SON LENTES DIVERGENTES EN EL AIRE

Menisco-convexa =Menisco-convergente

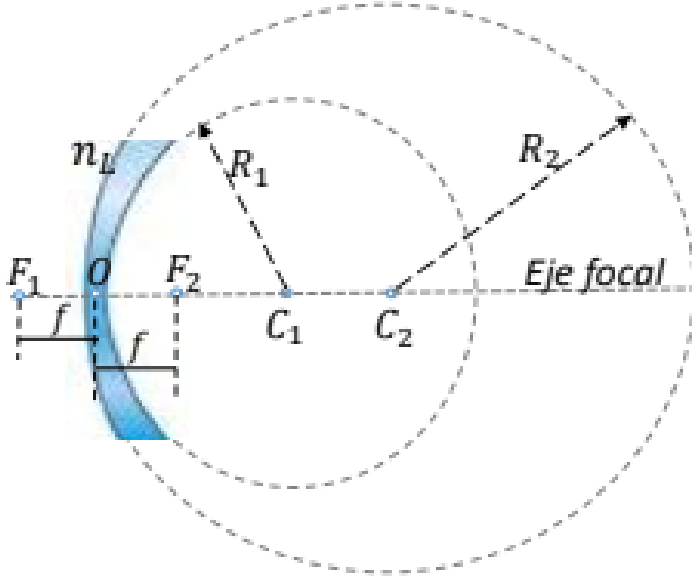
Menisco-cóncava =Menisco-divergente

LENTES


planoconvexa
biconvexa
Menisco convergente
Planocóncava
bicóncava
Menisco divergente

LENTES

ELEMENTOS DE UNA LENTE



C_1 y C_2: Centros de curvatura

R_1 y R_2: Radios de curvatura

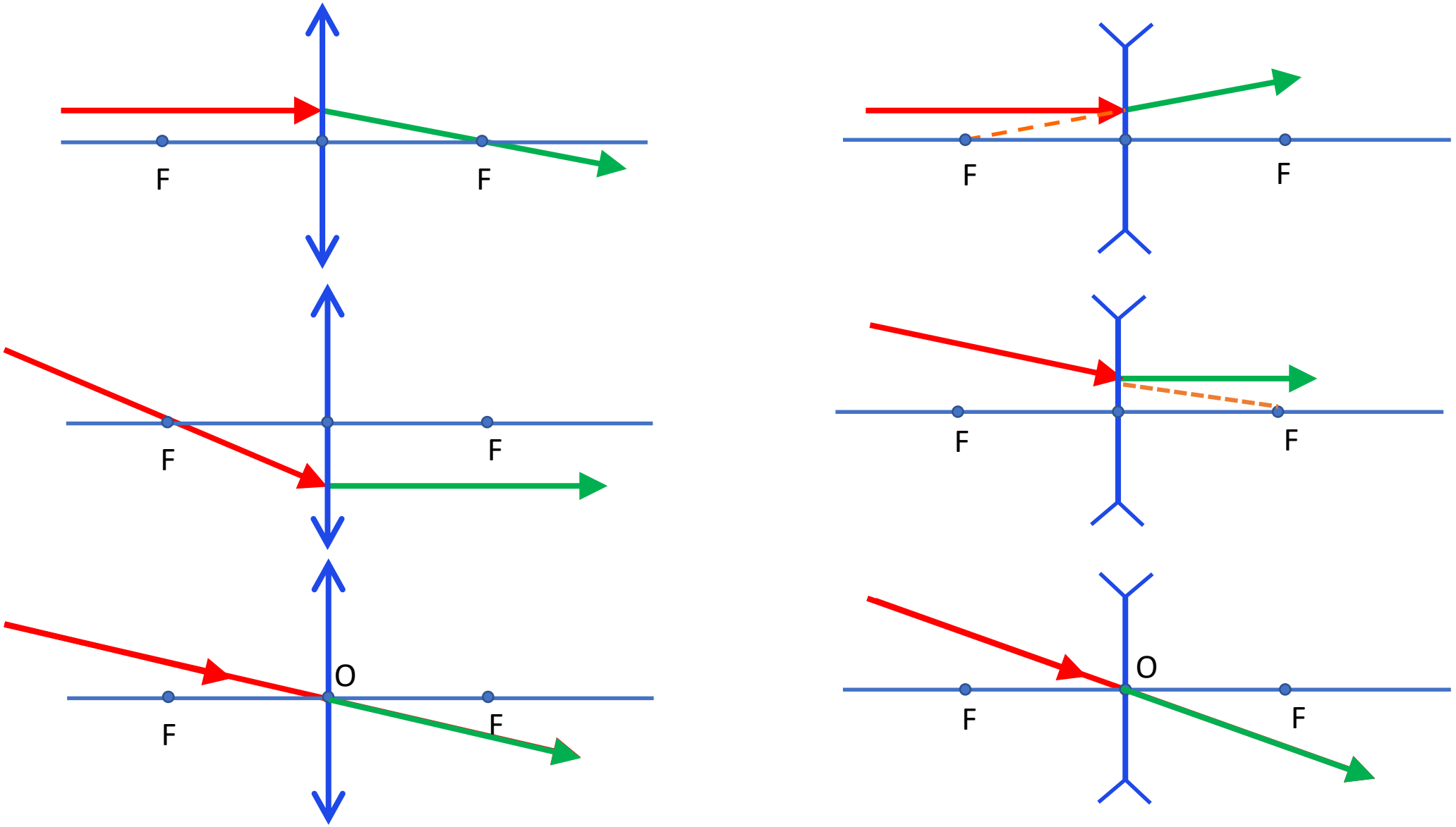
O: Centro óptico

F_1 y F_2 : Focos

f= distancia focal

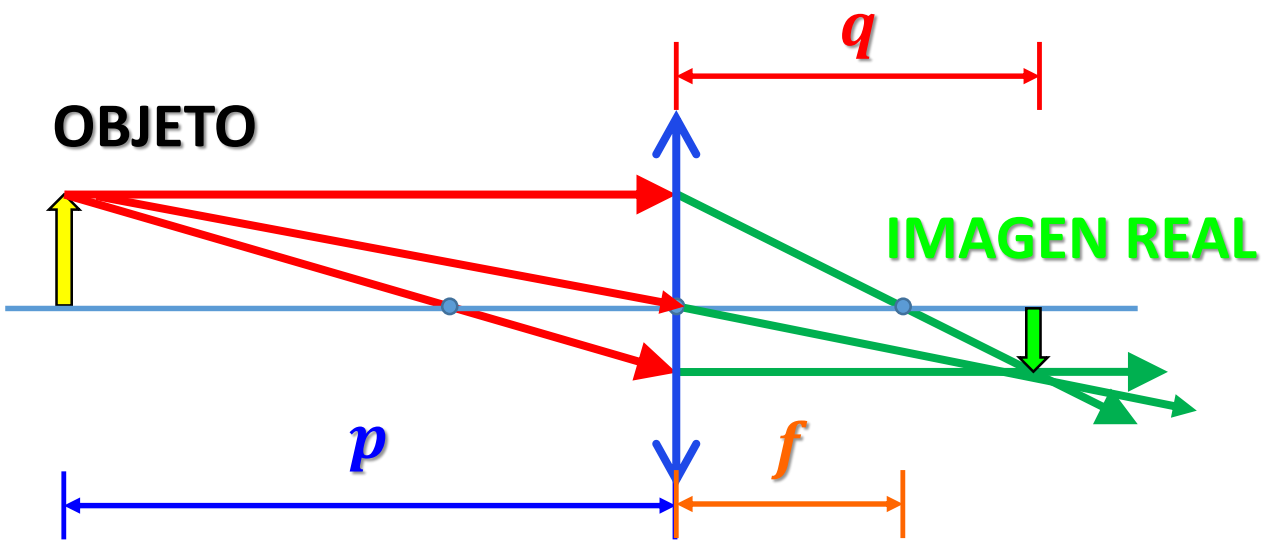
LENTES

RAYOS PRINCIPALES PARA LA FORMACIÓN DE LAS IMÁGENES



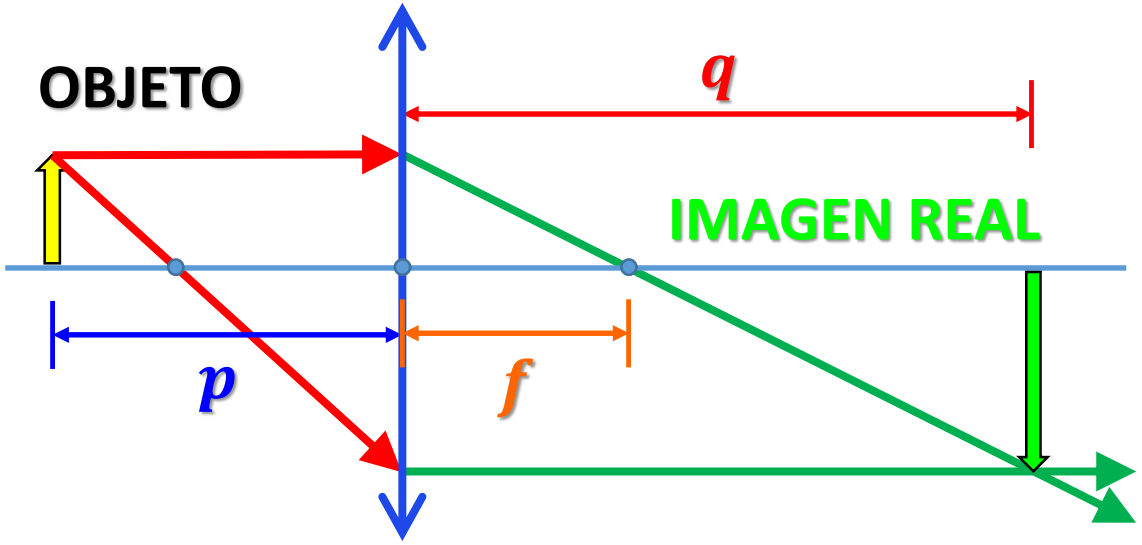
LENTES

FORMACIÓN DE IMÁGENES EN LENTE CONVERGENTE



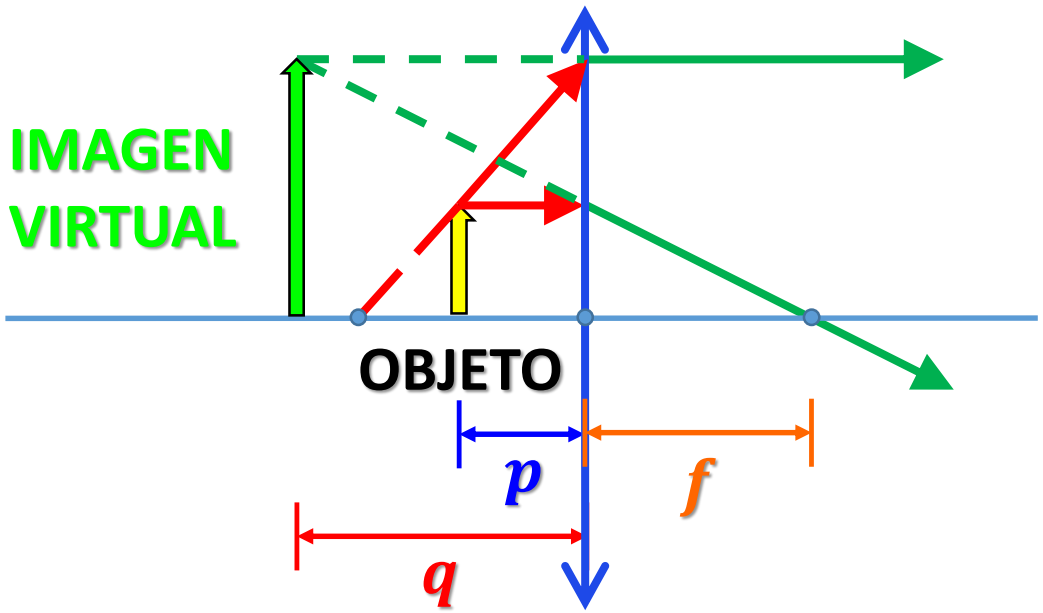
$p > 2f$ la imagen es real, invertida y de menor tamaño que el objeto

$f < p < 2f$ la imagen es real, invertida y de mayor tamaño que el objeto



$p = 2f$ la imagen es real, invertida y de igual tamaño que el objeto

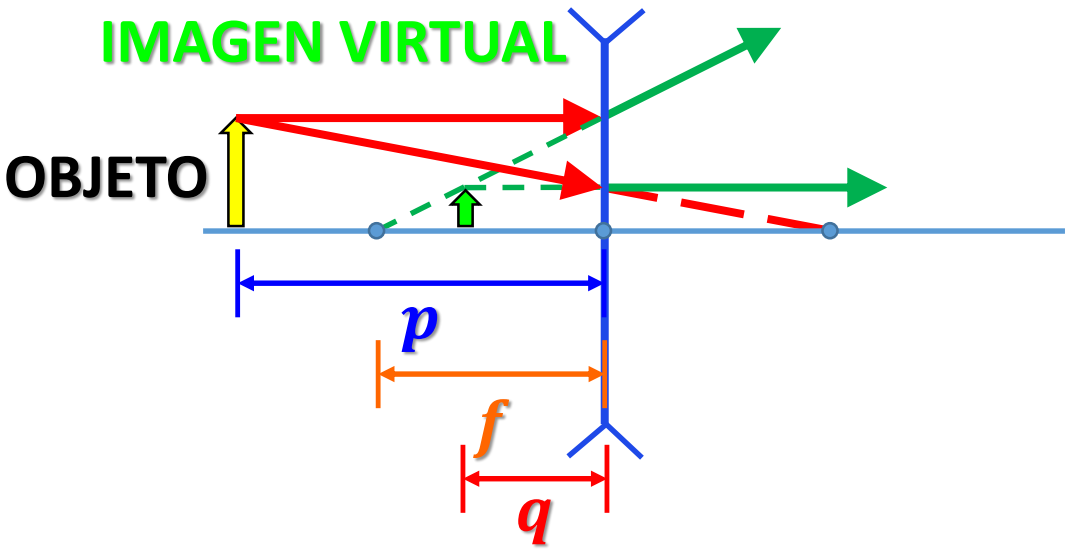
LENTES

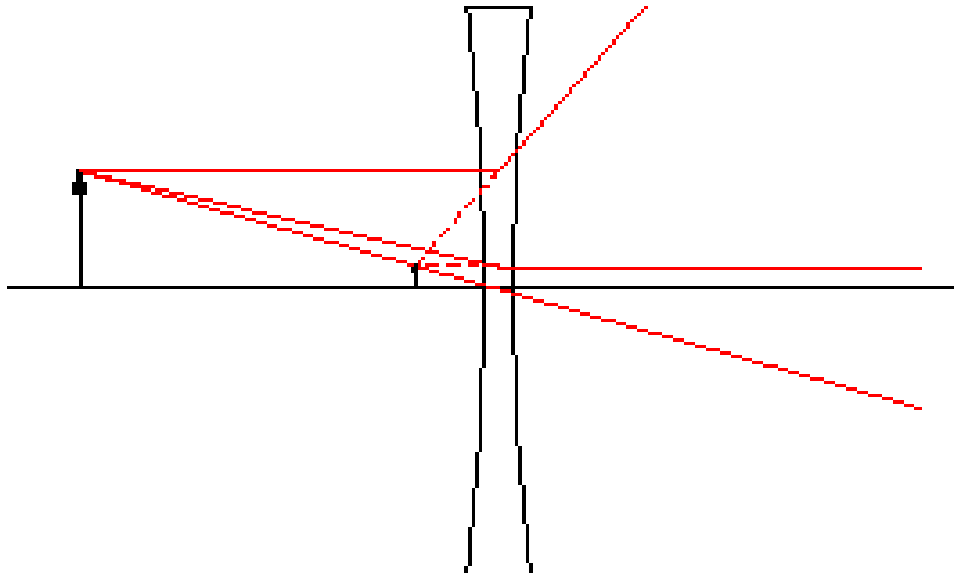


$p < f$ la imagen es virtual, derecha y de mayor tamaño que el objeto

si para $p < f$ la imagen es virtual y para $p > f$ la imagen es real , entonces para $p = f$ no se forma imagen.

FORMACIÓN DE IMÁGENES EN LENTE DIVERGENTE





independientemente de la ubicación del objeto, la imagen es virtual, derecha y de menor tamaño que el objeto.

vemos que todos los casos de imágenes del espejo cóncavo son los mismos que los de la lente convergente y el caso del espejo convexo es el de la lente divergente.

LENTES

ECUACIÓN DE LENTES DELGADAS

$$1)\quad \frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q}$$

f= distancia focal
P= distancia del objeto a la lente
q= distancia de la imagen a la lente

signos

$p \rightarrow (+)$

$q \rightarrow$
- (+) : Imagen real
- (−): Imagen virtual

$f \rightarrow$
- (+): Lente convergente
- (−): Lente divergente

LENTES

MAGNIFICACIÓN O AUMENTO (A)

el entre el tamvalor de M es el cociente año de la imagen y el tamaño del objeto. su signo nos indica si la imagen es derecha (+) o invertida (-)

$$|A| = \frac{\text{TAMAÑO DE LA IMAGEN } (T_I)}{\text{TAMAÑO DEL OBJETO } (T_O)}$$

$$A = -\frac{q}{p}$$

como se vio anteriormente, toda imagen real q(+) es invertida A(−)
y toda imagen virtual q(−) es derecha A(+)

ECUACIÓN DEL FABRICANTE DE LENTES

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{n_L}{n_m} - 1\right)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$$

n_L =índice del material de la lente

n_m =índice del medio que rodea a la lente

R_1 y R_2, son los radios de curvatura de las superficies de la lente

f= distancia focal

Radios

- Si la superficie es convexa,su radio se considera positivo
- Si la superficie es cóncava,su radio se considera negativo
- Si la superficie es plana,su radio es infinito

Distancia focal

- Se considera positivo si la lente es convergente
- Se considera negativo si la lente es divergente

LENTES

Biconvexa

Plano-convexa

Menisco-convexa

SON LENTES CONVERGENTES SI

$n_{\text{LENTE}} > n_{\text{MEDIO QUE RODEA LA LENTE}}$

SON LENTES DIVERGENTES SI

$n_{\text{LENTE}} < n_{\text{MEDIO QUE RODEA LA LENTE}}$

Bicóncava

Plano-cóncava

Menisco-cóncava

SON LENTES DIVERGENTES SI

$n_{\text{LENTE}} > n_{\text{MEDIO QUE RODEA LA LENTE}}$

SON LENTES CONVERGENTES SI

$n_{\text{LENTE}} < n_{\text{MEDIO QUE RODEA LA LENTE}}$

POTENCIA DE UNA LENTE

magnitud física que mide la capacidad de una lente para hacer converger o divergir un haz de luz incidente. es igual al inverso de la distancia focal del elemento medida en metros, es decir $\mathrm{P} = \frac{1}{\mathrm{f}}$

al igual que ocurre con la distancia focal, la potencia es positiva para lentes convergentes y negativa para las divergentes. suele medirse en dioptrías, unidad igual al inverso del metro (m^{-1}).

como la distancia focal de una lente, de acuerdo a la ecuación del fabricante, cambia si la lente se coloca en diversos medios, la potencia de la lente también cambiará.

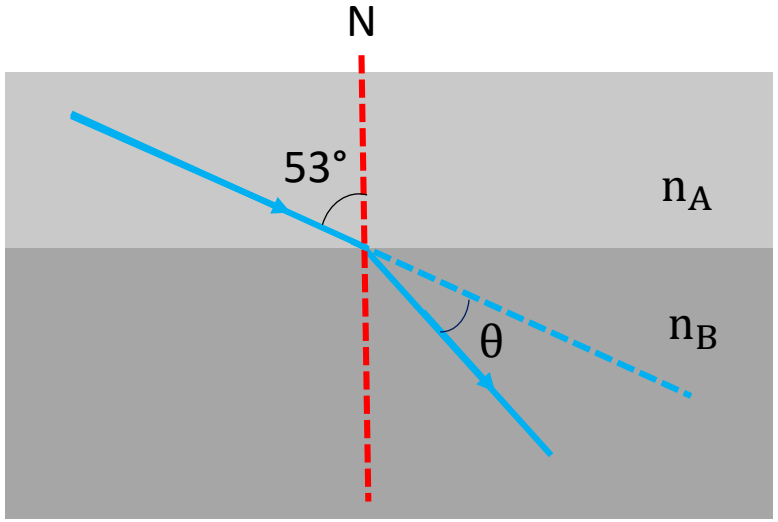
MOMENTO DE PRACTICAR

PROBLEMAS Y RESOLUCIÓN

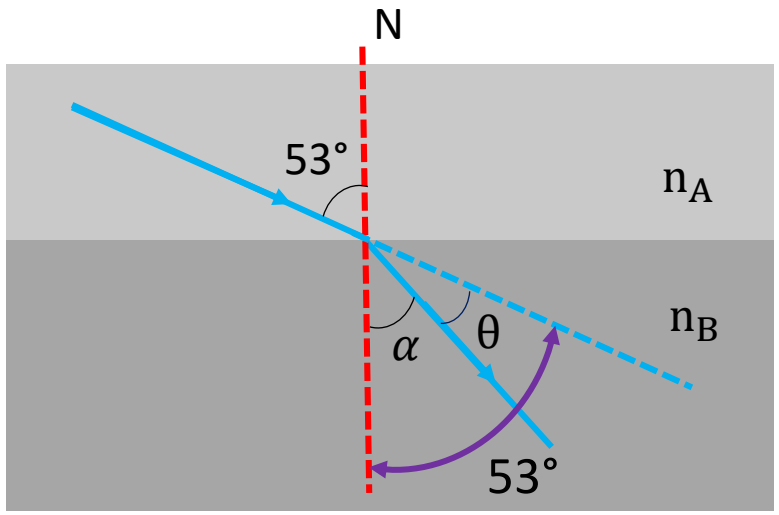
REFRACCIÓN DE LA LUZ

PROBLEMA 01

Un rayo de luz se propaga en un medio A e incide con un ángulo de 53° en la superficie de un medio B. Determine el ángulo θ que se desvía el rayo luminoso. n_A =3,75 Y n_B =5



A) 8°
B) 16°
C) 24°
D) 6°
E) 12°



De la figura: θ =53°- α .....(1)

Aplicando la ley de Snell:

$n_A$sen53°=$n_B$senα

$3{,}75\,\frac{4}{5}$ = 5senα

$$\text{sen}\alpha = \frac{3}{5}$$

$$\alpha = 37°$$

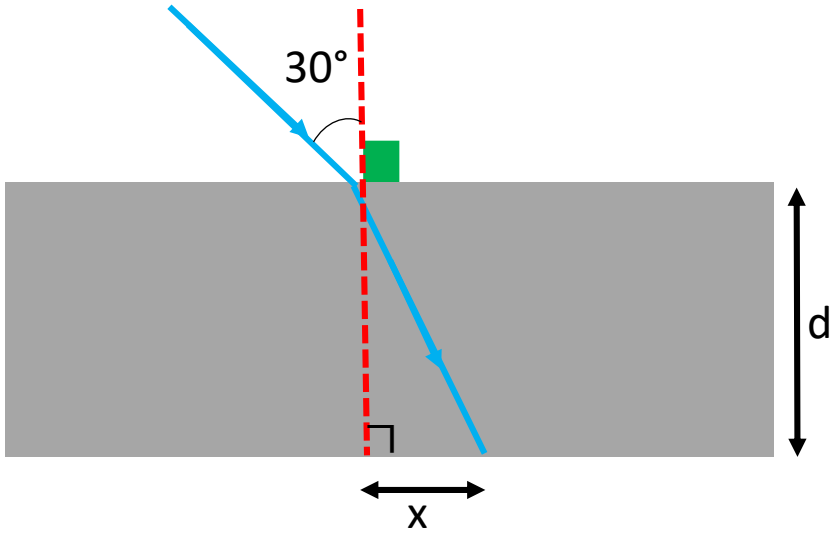
reemplazando en (1)

$$\boxed{\theta = 16°}$$

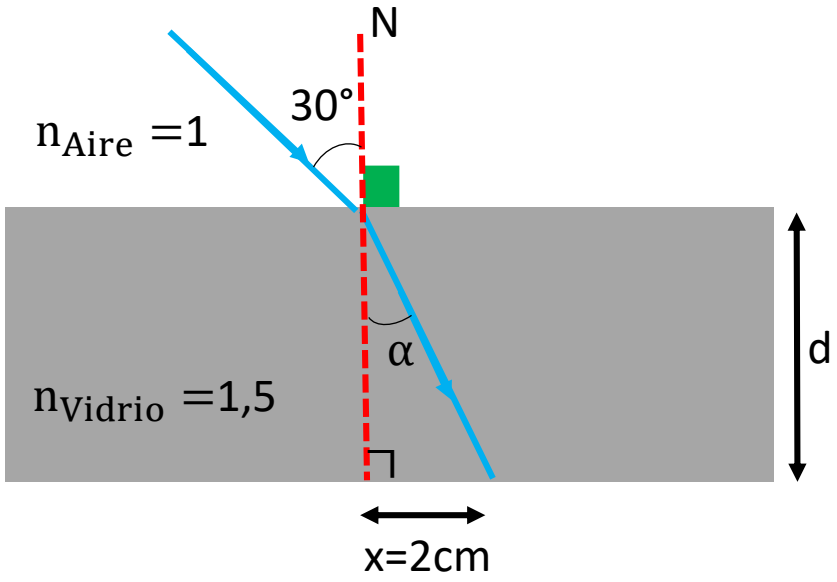
REFRACCIÓN DE LA LUZ

PROBLEMA 02

Un rayo de luz incide sobre un vidrio de caras paralelas y de espesor "d" inmersa en el aire, tal como se observa en la figura. Sabiendo que el índice de refracción del vidrio es 1,5 y la distancia "x" es 2 cm, determine "d". Considere $n_{Aire} = 1$



A) $2\sqrt{2}$ cm B) 2 cm C) $3\sqrt{2}$ cm
D) $4\sqrt{2}$ cm E) 4 cm



Por la ley de Snell:

n_{Aire}sen30°=n_{Vidrio}senα

1(1/2) = (3/2)senα

senα = 1/3

$$\tan\alpha = \frac{1}{2\sqrt{2}}$$

De la figura:

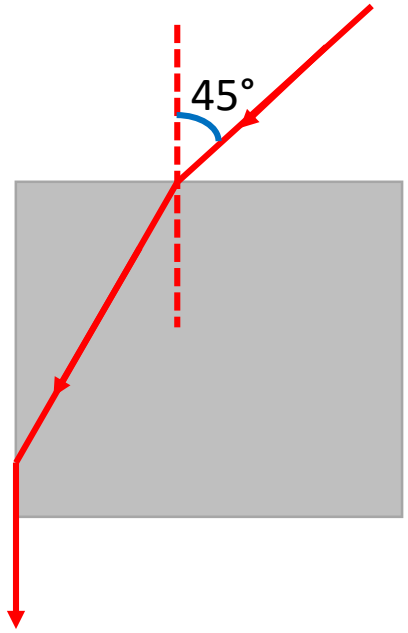
$$\tan\alpha = \frac{2}{d}$$

Igualando: d=$4\sqrt{2}$ cm

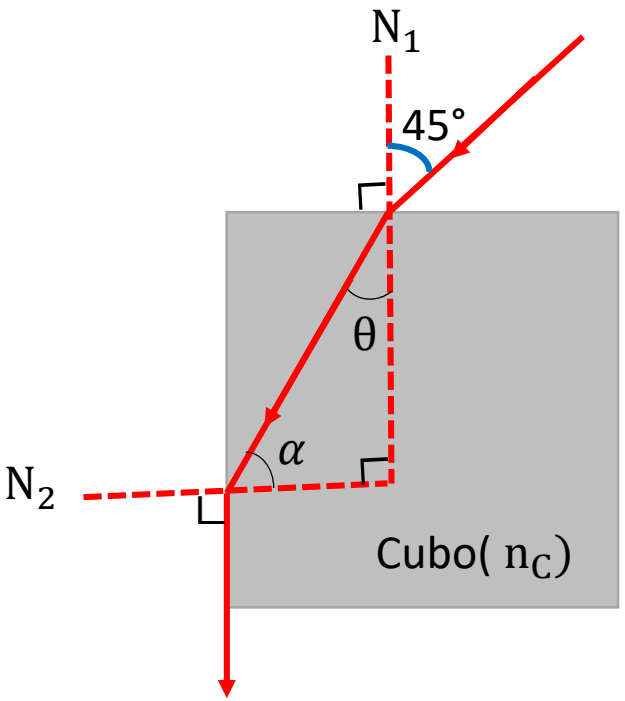
REFRACCIÓN DE LA LUZ

PROBLEMA 03

Calcule el índice de refracción de un cubo de cristal, sabiendo que un rayo luminoso incide en una de las caras del cubo con un ángulo de incidencia de 45° y emerge rasante por una de las caras del cubo, tal como se muestra en la figura.



A) $\sqrt{3}/2$ B) 0,5 C) $\sqrt{6}/2$
D) 1,5 E) $\sqrt{5}/2$



$\alpha =$ ángulo crítico o límite

$n_c \text{sen}\alpha = n_{Aire}\text{sen}90°$

$n_c \text{sen}\alpha = 1 \ldots\ldots(1)$

$n_{Aire}\text{sen}45° = n_C \text{sen}\theta$

$1(\sqrt{2}/2) = n_C \text{sen}(90° - \alpha)$

$n_C \cos\alpha = \sqrt{2}/2 \ldots\ldots.(2)$

(1) : (2)

$\tan\alpha = \sqrt{2}$

$\text{sen}\alpha = \sqrt{2}/\sqrt{3}$

reemplazando en (1):

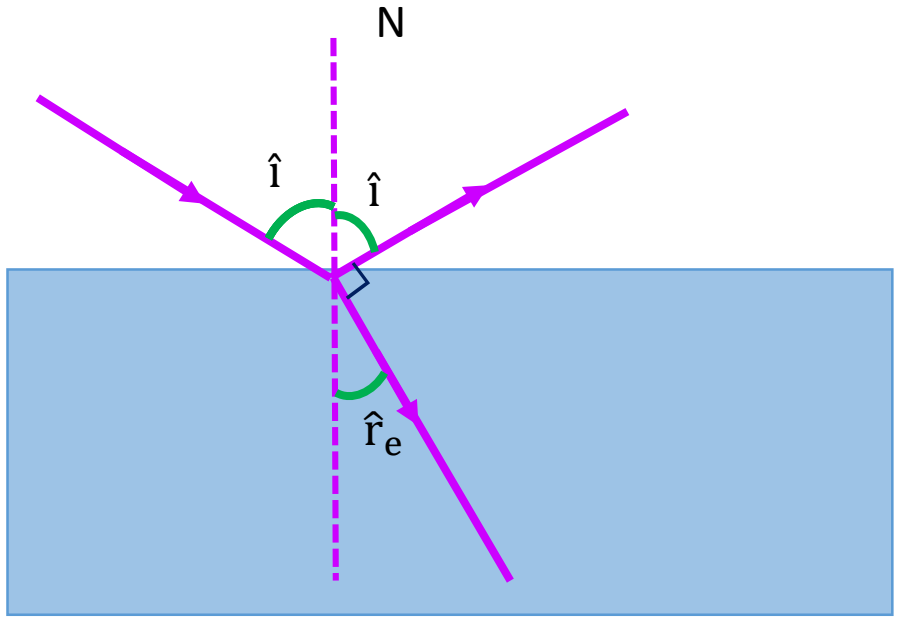
$n_C = \sqrt{6}/2$

REFRACCIÓN DE LA LUZ

PROBLEMA 04

Un rayo de luz, incide desde el aire hacia la superficie del agua de tal manera que el rayo reflejado es perpendicular al rayo de luz que se refracta. ¿Con qué ángulo incide la luz sobre la superficie del agua? $n_{Agua} = 4/3$

A) 30° B) 37° C) 45°
D) 53° E) 60°



Por Snell:

n_{Aire}senî=n_{Agua}sen$\hat{r}_e$

De la figura:

$\hat{i} + \hat{r}_e = 90°$

$\hat{r}_e = 90°$-î

Sen$\hat{r}_e$ =cosî

reemplazando:

(1) .senî=n_{Agua}cosî

tanî=n_{Agua}

tanî= 4/3

$\hat{i} = 53°$

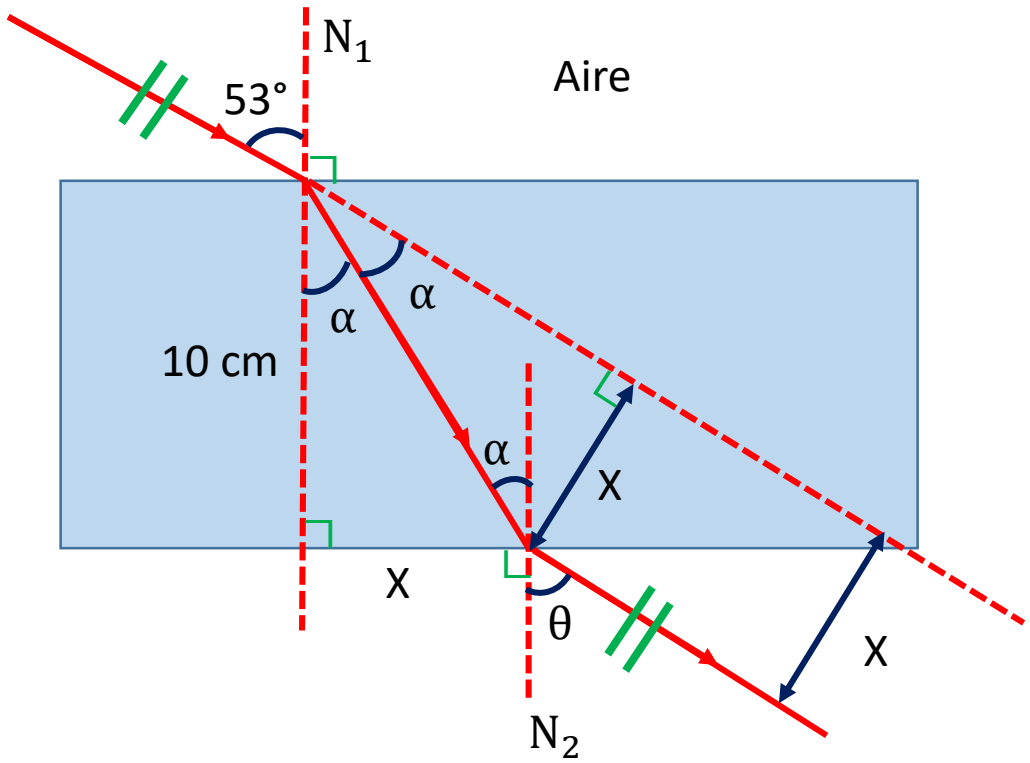
REFRACCIÓN DE LA LUZ

PROBLEMA 05

Una lámina de vidrio de caras planas y paralelas situada en el aire tiene un espesor de 10 cm y un índice de refracción de n=$\sqrt{3,2}$. Si un rayo de luz monocromática incide en la cara superior del vidrio con un ángulo de incidencia de 53°. Determine el desplazamiento lateral del rayo incidente al atravesar la lámina.

A) 5 cm B) $5\sqrt{2}$ cm C) $5\sqrt{5}$ cm

D) 10 cm E) $2\sqrt{5}$ cm



Si aplicamos Snell en la superficie inferior: $\theta = 53$, lo que quiere decir que el rayo de luz que entra a la lámina y el que sale son paralelos

Por Snell en la superficie superior:

n_{Aire}sen53°=$n_L$senα

$$1x\frac{4}{5} = \sqrt{3,2}\ \text{sen}\alpha$$

$\text{sen}^2\alpha$= 1/5

$\text{sen}\alpha = \sqrt{5}/5$

$\tan\alpha = 1/2$

$\alpha = 53°/2$

De la figura:

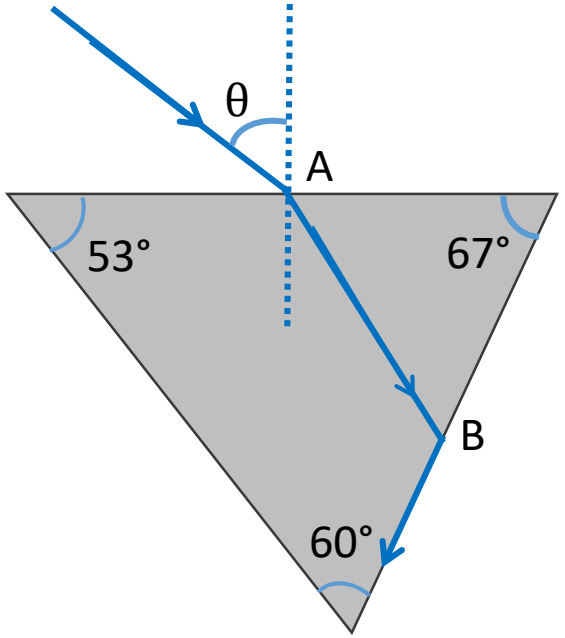
$$\tan\alpha = \frac{X}{10} = \frac{1}{2}$$

X=5 cm

REFRACCIÓN DE LA LUZ

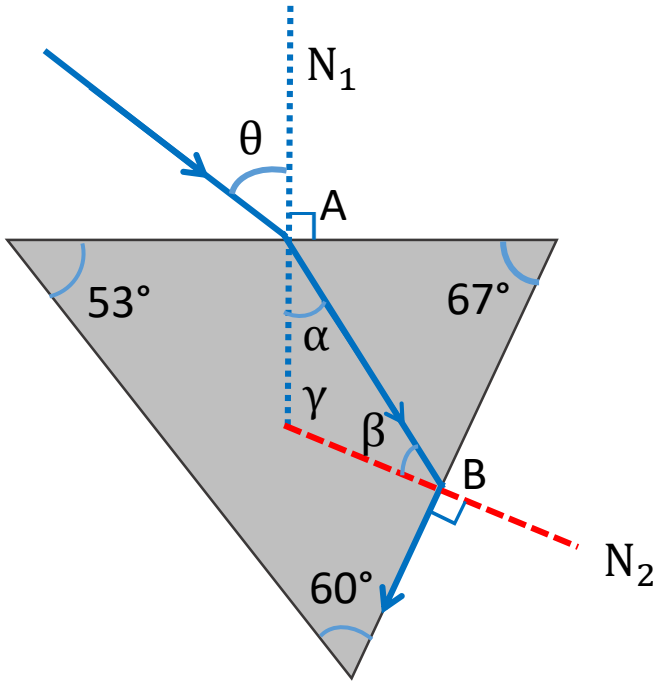
PROBLEMA 06

El haz luminoso de la figura incide en B con el ángulo límite o crítico, cuyo valor es de 37°. Halle el ángulo de incidencia θ en el punto A. Considerar $n_{Aire} = 1$



A) 53° B) 60° C) 75°

~~D)~~ Arcsen(5/6) E) Arsen(1/6)



Por Snell en la 1ra refracción

$$n_{Aire}\text{sen}\theta = n_P\text{sen}\alpha \ldots\ldots (1)$$

n_P =índice de refracción del prisma

En el cuadrilátero de la figura : $\gamma = 113°$

Por Snell en la 2da refracción

$$n_P\text{sen}\beta = n_{Aire}\text{sen}90° \ldots (2)$$

Por dato: $\beta = 37°$, es el ángulo crítico

reemplazando en (2) :

$$n_P = \frac{5}{3}$$

$$\gamma + \beta + \alpha = 180°$$

$$113° + 37° + \alpha = 180°$$

$$\alpha = 30°$$

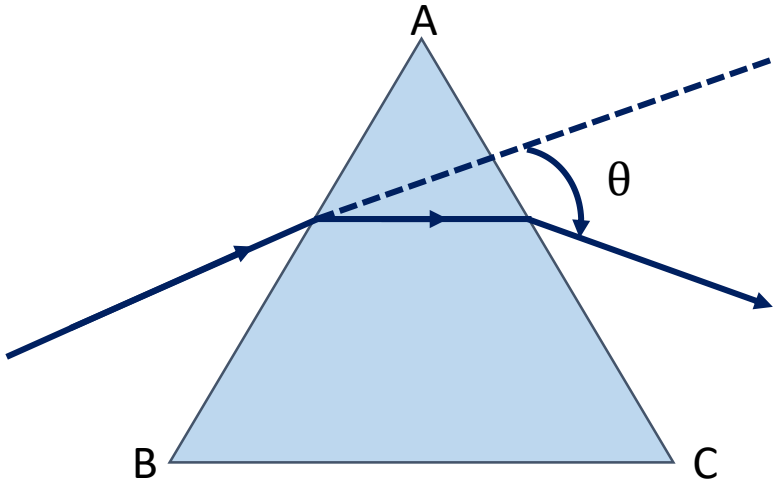
reemplazando en (1) :

$$\text{sen}\theta = 5/6$$

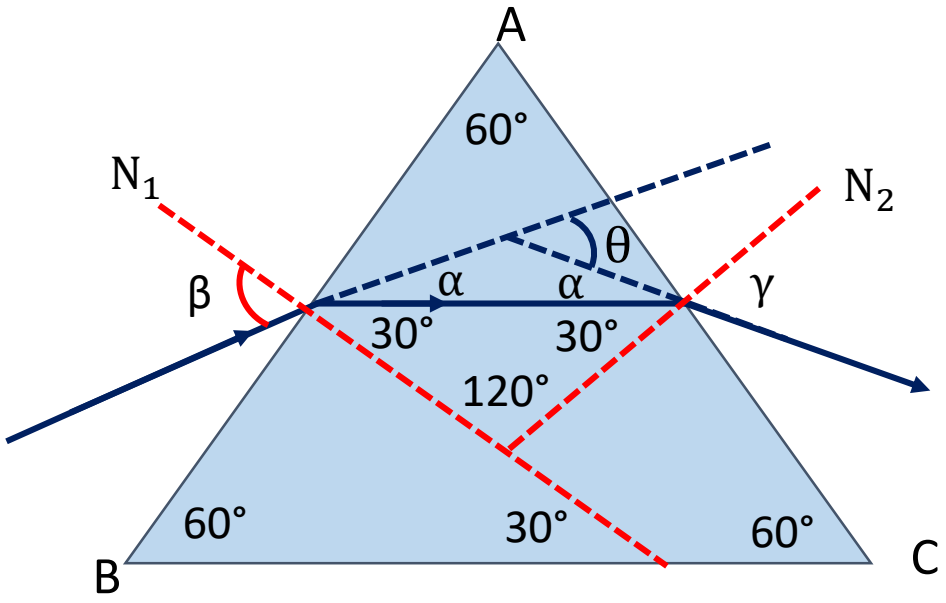
REFRACCIÓN DE LA LUZ

PROBLEMA 07

Un rayo luminoso incide sobre un prisma equilátero. Luego de incidir en el prisma, el rayo se refracta en forma paralela a la cara BC. si el índice de refracción del prisma es 1,6, determine la medida del ángulo θ.



A) 23° B) 36° C) 46°
D) 53° E) 16°



Por Snell en la cara AB

n_{Aire}senβ=$n_P$sen30°

1.senβ=1,6(1/2)

senβ= 0,8 ⇒ $\beta = 53°$

$\alpha + 30° = \beta$ ⇒ $\alpha = 23°$

Si aplicamos Snell en la cara AC:

$\gamma = 53° = \beta$

De la figura

$\theta = 2\alpha$

$\theta = 2(23°)$=46°

PROBLEMA 08

Se tiene una lente convergente de 40 cm de distancia focal y un objeto está ubicado a 60 cm de la lente. Hallar la distancia entre la imagen y lente.

A) 40 cm B) 80 cm C) 100 cm
D) 120 cm E) 140 cm

DATOS:

p = 60 cm

f = 40 cm

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q}$$

$$\frac{1}{40} = \frac{1}{60} + \frac{1}{q}$$

$$\frac{1}{40} - \frac{1}{60} = \frac{1}{q}$$

$$\frac{1}{120} = \frac{1}{q}$$

q= 120 cm

LENTES

PROBLEMA 09

Un objeto de 10 cm de altura se coloca a 20 cm de una lente divergente cuya distancia focal es de 30 cm. ¿A qué distancia (en metros) de la lente se formará la imagen?

A) 4 cm B) 8 cm C) 12 cm
D) 16 cm D) 20 cm

DATOS:

To = 10 cm

p = 20 cm

f = - 30 cm

Indica, lente divergente

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q}$$

$$\frac{1}{-30} = \frac{1}{20} + \frac{1}{q}$$

$$-\frac{1}{30} - \frac{1}{20} = \frac{1}{q}$$

$$-\frac{50}{600} = \frac{1}{q}$$

$$q = -\frac{60}{5}\text{ cm}$$

$$\boxed{q = -12\text{ cm}}$$ imagen virtual e invertida

Rpta: 12 cm

PROBLEMA 10

Una barra vertical de 30 cm de altura se encuentra frente a una lente convergente y a 60 cm de ella. Si la distancia focal de la lente es de 20 cm; hallar el tamaño de la imagen de la barra.

A) 5 cm B) 10 cm C) 15 cm

D) 20 cm E) 25 cm

DATOS:

$T_O = 30$ cm

P = 60 cm

f = 20 cm

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q}$$

$$\frac{1}{20} = \frac{1}{60} + \frac{1}{q}$$

$$\frac{1}{20} - \frac{1}{60} = \frac{1}{q}$$

$$\frac{2}{60} = \frac{1}{q}$$

q= 30 cm

$$A = -\frac{q}{p}$$

$$A = -\frac{30\text{ cm}}{60\text{ cm}}$$

$$A = -\frac{1}{2}$$

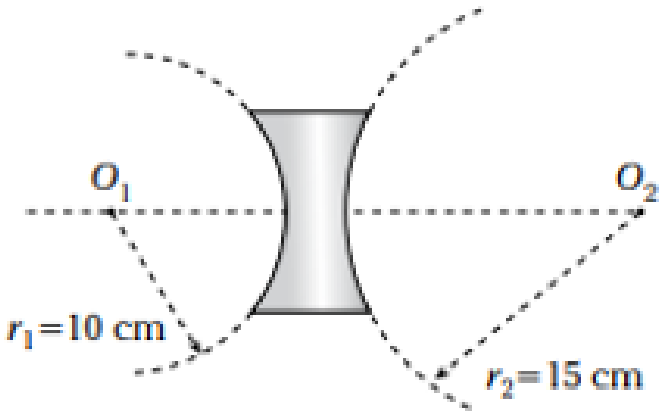
$$|A| = \frac{T_I}{T_O}$$

$$\frac{1}{2} = \frac{T_I}{30\text{ cm}}$$

$T_I = 15$ cm

PROBLEMA 11

Se tiene una lente bicóncava cuyo índice de refracción es 1,5. Si sus radios son 10 cm y 15 cm, determine la distancia focal.



A) $+12$ cm B) -12 cm C) -6 cm
D) $+6$ cm E) -15 cm

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{n_L}{n_m} - 1\right)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$$

$n_L = 1{,}5$

$n_m = n_{Aire} = 1$

$R_1 = -10$ cm(superficie cóncava)

$R_2 = -15$ cm(superficie cóncava)

reemplazando

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{1{,}5}{1} - 1\right)\left(\frac{1}{-10} + \frac{1}{-15}\right)$$

$$\frac{1}{f} = (0{,}5)\left(-\frac{1}{10} - \frac{1}{15}\right)$$

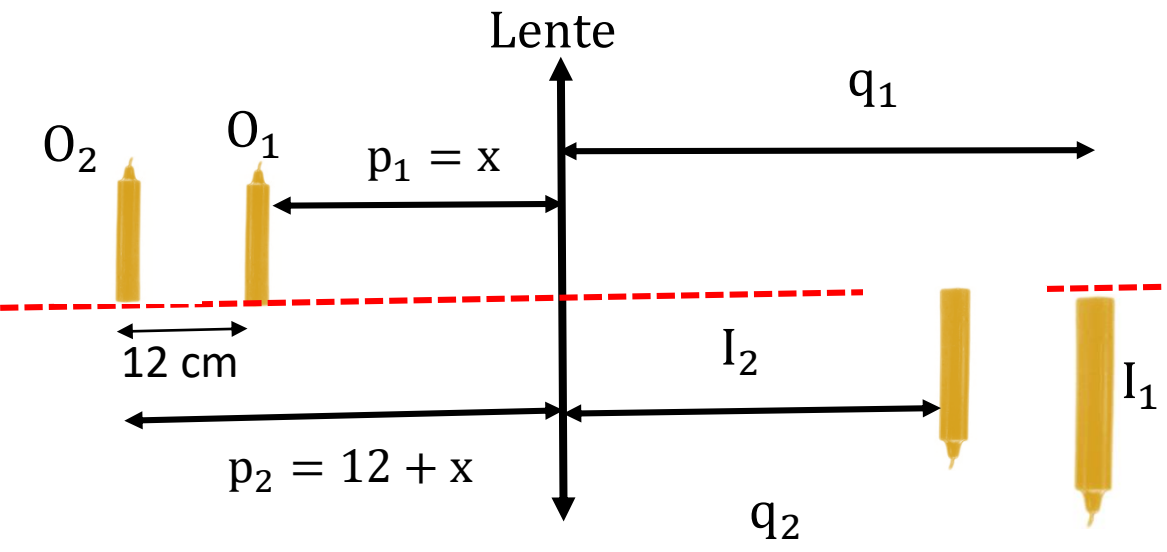
$$\frac{1}{f} = (0{,}5)\left(-\frac{5}{30}\right)$$

f= -12 cm

PROBLEMA 12

Por medio de una lente se obtiene una imagen de un objeto con aumento $-1{,}5$. Luego el objeto se traslada 12 cm a lo largo del eje principal y se obtiene una imagen de igual tamaño que el objeto. Determine la distancia focal de la lente.

A) 12 cm B) 18 cm C) 24 cm
D) 30 cm E) 36 cm



Primer caso

$$A_1 = -\frac{q_1}{p_1}$$

$$-1{,}5 = -\frac{q_1}{x}$$

$$q_1 = 1{,}5x$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p_1} + \frac{1}{q_1}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{x} + \frac{1}{1{,}5x}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{2{,}5}{1{,}5x} \quad \text{.....(1)}$$

Segundo caso

$$A_2 = -\frac{q_2}{p_2}$$

$$-1 = -\frac{q_2}{12 + x}$$

$$q_2 = 12 + x$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p_2} + \frac{1}{q_2}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{12 + x} + \frac{1}{12 + x}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{2}{12 + x} \quad \text{.....(2)}$$

(1)=(2)

x=60 cm

reemplazando en (1)

f= 36 cm

LENTES

CLAVES :

13) A	14) A	15) E	16) C	17) D	18) B	19) B
20) D	21) D	22) B	23) B	24) D	25) E	

FIN DE LA SESIÓN

PRACTICA Y APRENDERÁS